

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ
С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(51) Международная классификация изобретения: F16C 33/66, C25D 13/06	A1	(11) Номер международной публикации: WO 98/13611 (43) Дата международной публикации: 2 апреля 1998 (02.04.98)
---	----	--

(21) Номер международной заявки: PCT/RU96/00307

(22) Дата международной подачи: 25 октября 1996 (25.10.96)

(30) Данные о приоритете: 96118683 25 сентября 1996 (25.09.96) RU

(71)(72) Заявители и изобретатели: СЕМКИН Константин Дмитриевич [RU/RU]; 109544 Москва, Рабочая ул., д. 6а, кв. 2 (RU) [SEMKN, Konstantin Dmitrievich, Moscow (RU)]. ЧЕРНЕВСКИЙ Леонид Викторович [RU/RU]; 109172 Москва, Новоспасский пер., д. 3, корп. 1, кв. 41 (RU) [CHERNEVSKY, Leonid Viktorovich, Moscow (RU)].

(74) Агент: ВОЛЧЕНКОВА Раиса Александровна; 109544 Москва, Рабочая ул., д. 6а, кв. 2 (RU) [VOLCHENKOVA, Raisa Alexandrovna, Moscow (RU)].

(81) Указанные государства: JP, KR, US, европейский патент (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Опубликована

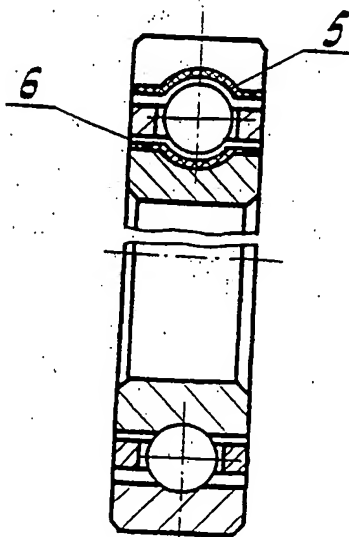
С отчетом о международном поиске.

(54) Title: BALL BEARING COMPRISING A PERMANENT LUBRICATING LAYER AND METHOD FOR MAKING THE SAME

(54) Название изобретения: ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМ СМАЗОЧНЫМ СЛОЕМ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Abstract

The present invention pertains to the field of machine-tooling and may be used in the production of bearings. The bearing of the present invention includes outer (1) and inner (2) rings that comprise rolling paths between which rolling bodies (3) are mounted in a separator (4). The working surfaces of the bearing parts are coated with a polymeric layer (5, 6) which is impregnated with a lubricant having an additional thin layer of a lubricant (7) thereon in the form of a film. The polymeric layer (5, 6) is made of an anode electro-deposition material of the styrol-acrylate copolymer type, while the lubricant impregnated therein is selected so as to be compatible with the working lubricant of the bearing. The main compatibility criteria are the value of the rolling friction coefficient of the lubricating mixture thus obtained, the value of the penetration index of said mixture and the value of the cinematic viscosity coefficient of the permanent lubricating layer. The thickness of the polymeric layer (5, 6) in the rolling paths ranges from 0.3 to 3.0 μm , while the thickness of the additional lubricating layer (7) ranges from 0.5 to 5.0 μm . This invention also relates to a method for making this bearing, wherein said method comprises placing the bearing parts into an aqueous solution of an emulsion containing styrol-acrylate copolymers in amount of between 1.8 and 8.0 wt.%. The polymer is then submitted to anode electro-deposition onto the working surfaces of the bearing parts, said parts being further dried and impregnated with a lubricant that is compatible with the working lubricant of the bearing. This method also comprises performing a thermal treatment at a temperature ranging from 80 to 150 $^{\circ}\text{C}$ and for time period of between 10 and 40 minutes and finally assembling the parts under pressure for a time period of between 5 and 120 minutes.



ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМ СМАЗОЧНЫМ СЛОЕМ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Область техники

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано при изготовлении подшипников различного типа. Подшипники качения и скольжения применяют в конструкциях машин и приборов, в которых они работают в широком диапазоне частот вращения, температур и нагрузок. Более широкое применение подшипников качения обусловлено меньшим моментом сопротивления вращению (по сравнению с подшипниками скольжения). Подшипники качения обладают большей несущей способностью на единицу опорной площади подшипника, характеризуются простотой эксплуатации и меньшим расходом смазочных материалов. При этом хорошая смазываемость подшипника обеспечивает его долговечность.

Предшествующий уровень техники

Известен подшипник качения /1/, имеющий наружное и внутреннее кольца с дорожками качения, между которыми размещены тела качения, удерживаемые сепарирующим элементом. Между кольцами и телами качения подшипника расположен твердый смазочный материал, который расположен на поверхностях дорожек качения. В качестве твердой смазки применяют дисульфид молибдена, графит и тефлон.

Недостатком известного подшипника является то, что перенесение твердой смазки в места контакта тел качения с дорожками качения колец осуществляется неравномерно. В итоге избыточное количество твердой смазки на дорожках качения приводит к уменьшению радиального зазора между деталями подшипника и, как следствие, к заклиниванию тел качения и к разрушению перемычек сепаратора.

Известны также подшипники скольжения и скользящие элементы /2/, которые используют в тяжелонагруженных условиях работы. В этом случае скользящие элементы выполнены из нержавеющей стали или сплава меди, внутри которых заделаны шарики консистентной смазки или такие материалы, как графит, керамика, смола, асбест и т.п.

Однако такие элементы не обладают высокой прочностью, в особенности прочностью на удар и долговечностью.

Известен также подшипник качения /3/, принятый за прототип, смазочный слой которого выполнен в виде полимерного покрытия рабочих поверхностей деталей подшипника. Полимерное покрытие выполнено, например, из политетрафлуоритотидена.

5 Недостатком такого подшипника является его относительно низкая долговечность, а также высокий уровень вибраций при работе, обусловленный как возможным отсутствием совместимости между применяемыми рабочими смазками и материалом полимерного покрытия, в результате чего происходит взаимная реакция смазок и материала с образованием твердых частиц, так и
10 наличием значительной шероховатости поверхности покрытия, например, из-за отсутствия операции ее приработки (прикатки).

Известен также способ получения смазочного слоя путем нанесения на рабочие поверхности деталей подшипника антифрикционного полимерного покрытия, при котором на металлическое изделие, подключенное к
15 положительному электроду, электроосаждением наносят полимерное покрытие из водной ванны, состоящей из диспергируемой в воде акрилатной смолы (4-10 вес.%) и соли кислородной кислоты (0,1-0,8 вес.%). При этом выдерживают следующие режимы работы: напряжение от 30 до 300 в в течение от 30 секунд до 10 минут. Затем изделие промывают водой и термообработывают при температуре
20 130-300°C в течении от 30 сек. до 60 мин. /4/.

Недостатком известного способа получения смазочного слоя подшипника является то, что формирование полимерного покрытия происходит в кислой среде, а это при сушке вызывает деструкцию полимерной пленки и разрушение поверхности металла под пленкой. Кроме того, в самом покрытии отсутствует
25 смазочное вещество, что снижает его трибологические характеристики.

Известен также способ получения смазочного слоя в виде полимерного покрытия на металлических изделиях, в частности, на подшипниках качения /5/, принятый за прототип, который осуществляют путем анодного электроосаждения на металлические изделия из водного раствора, содержащего эмульсии стирольно-
30 акрилатных сополимеров в количестве 1,8-8,0 вес.% и декагидроборат натрия в количестве 0,1-0,06 вес.%. Электроосаждение проводят при напряжении постоянного тока 3-30 в в течение 10-180 сек. Затем изделие промывают водой и термообработывают при температуре 80-180°C в течение 1-5 мин. и выдерживают

в смазке или масле при температуре 45-50°C в течение 8-40 часов.

Недостатком такого способа является наличие в водном растворе электролита добавки декагидробората натрия, поскольку его присутствие требует постоянного контроля состава в ванне, что усложняет технологический процесс покрытия. Это связано с тем, что при повышении в электролите данного компонента в количестве более 0,06 вес.% появляется излишняя пористость поверхности, что может привести к разрушению этого покрытия и соответственно смазочного слоя. При этом указанного в данном способе времени осаждения может не хватить на получение значительного по толщине покрытия на крупногабаритных деталях. Кроме того, процесс выдержки в смазке или масле при температуре 45-50°C в течение 8-40 часов не технологичен и экономически не целесообразен. Масла и смазки выбираются без учета условий совместимости с рабочей смазкой подшипника, что может привести к значительному снижению его ресурса. Поскольку поверхность полимерного покрытия получается довольно шероховатой, то отсутствие операции по улучшению ее качества, например, путем прикатки, приводит к значительным вибрациям и динамическим нагрузкам в начале работы подшипника.

Раскрытие изобретения

Основными задачами, которые решаются предлагаемым изобретением, являются создание постоянного смазочного слоя между контактируемыми поверхностями деталей подшипника с целью повышения его долговечности, стабильности работы в условиях больших нагрузок и высоких скоростей, а также снижение уровня вибраций при его работе. Кроме того, поставлена задача разработать такой способ изготовления подшипника предлагаемой конструкции, который бы обеспечивал способность полимерного покрытия удерживать на своей поверхности дополнительный смазочный слой в виде тонкой пленки при различных режимах работы подшипника и обеспечивал бы высокую прочность этого покрытия при малой его величине, а также высокие антифрикционные качества. Еще одной задачей является создание способа изготовления подшипника, обладающего высокой технологичностью и стабильностью процесса, при котором получают постоянный смазочный слой на рабочих поверхностях деталей подшипника.

Эта задача решается тем, что в подшипнике, например, качения, состоящем из наружного кольца, снабженного обращенной внутрь кольцевой дорожкой

качения, и внутреннего кольца, снабженного обращенной наружу кольцевой дорожкой качения, между которыми размещены тела качения, например, шарики, удерживаемые на определенном расстоянии друг от друга с помощью, например, металлического сепаратора. На рабочие поверхности указанных деталей

5 подшипника нанесен полимерный слой, пропитанный смазкой. Полимерный слой выполнен из анодно электроосажденного материала типа стирольно-акрилатных сополимеров, а пропитывающая его смазка выбрана совместимой с рабочей смазкой подшипника так, что, с учетом условий нагрузки и режима работы при эксплуатации подшипника, на поверхностях полимерного покрытия образован

10 дополнительный смазочный слой в виде тонкой пленки. При этом совместимость указанных смазок обеспечена их взаимным подбором на основе сравнения совместимости базовых загустителей этих смазок.

Коэффициент трения качения полученной смазочной смеси f находится в пределах $0 < f < 0,05$ при испытаниях этой смеси по крайней мере не менее 2-х

15 часов. Величина ее пенетрации находится в пределах $P_{max} > P > P_{min}$, где P_{max} и P_{min} - предельные значения величин пенетрации указанных смешиваемых смазок. Другим условием выбора смазки, пропитывающей полимерное покрытие, может быть соотношение значений кинематических вязкостей $\frac{\gamma_{cc}}{\gamma_1} > 1$, где γ_1 - эталонная кинематическая вязкость для обеспечения нормальной смазываемости

20 подшипника с учетом его нагрузки и режимов работы при эксплуатации; γ_{cc} - кинематическая вязкость постоянного смазочного слоя, определяемая по формуле: $\gamma_{cc} = \gamma_n \cdot (1 - K_3) + \gamma \cdot K_3$, где γ_n - кинематическая вязкость полимерного покрытия, γ_{cm} - кинематическая вязкость смазки, пропитывающей полимерное покрытие, $K_3 = \frac{V_{cm}}{V_n}$ - коэффициент заполнения смазкой полимерного покрытия,

25 где V_{cm} - объем внедренной в полимерное покрытие смазки, V_n - объем осажденного полимерного покрытия. При этом толщина полимерного слоя на дорожках качения наружного и внутреннего колец составляет 0,3-3,0 мкм, а толщина дополнительного смазочного слоя в виде пленки, удерживаемой на поверхностях полимерного покрытия вследствие соблюдения условий

30 совместимости применяемых смазок, составляет 0,5-5,0 мкм.

Предлагаемый способ изготовления подшипника заключается в том, что детали подшипника помещают в водную эмульсию стирольно-акрилатных сополимеров, взятых в объеме 1,8-8,0 вес.% и осуществляют анодное

электроосаждение на рабочие поверхности деталей подшипника в течение 3-300 сек., после чего подвергают детали термообработке в течение 1-10 мин. Полученное полимерное покрытие насыщают смазкой, совместимой с рабочей смазкой, выбранной по условиям работы подшипника, и подвергают детали подшипника вторичной термообработке при температуре 80-150°C в течении 10-60 мин. Затем осуществляют прикатку рабочих поверхностей деталей подшипника в течении 5-120 мин.

Краткое описание чертежей

Сущность изобретения поясняется чертежами, где изображено:

фиг.1 - общий вид подшипника качения с постоянным смазочным слоем;

фиг.2 - поперечное сечение А-А по фиг.1;

фиг.3 - общий вид половины сепаратора с полимерным покрытием;

фиг.4 - схема конструкционного построения подшипника качения с дополнительным постоянным смазочным слоем в разрезе вдоль дорожек качения;

фиг.5 - номограмма зависимости эталонной кинематической вязкости рабочей смазки подшипника от его диаметра и режима работы;

фиг.6 - диаграмма зависимости изменения уровня вибраций во времени при испытаниях подшипника 2-36202К.

Лучший вариант осуществления изобретения

Подшипник качения с постоянным смазочным слоем состоит из наружного кольца 1 и внутреннего кольца 2, между которыми размещены тела качения 3, помещенные в сепараторе 4. Наружное кольцо 1 снабжено дорожкой качения, обращенной внутрь, на поверхность которой нанесено полимерное покрытие 5, пропитанное смазкой. Внутреннее кольцо 2 снабжено дорожкой качения, обращенной наружу, на поверхность которой нанесено полимерное покрытие 6, пропитанное смазкой. Такое же полимерное покрытие нанесено на окна сепаратора 4 (см. фиг.3). Полимерное покрытие выполнено из анодно-электроосажденного материала, типа стирольно-акрилатных сополимеров. Пропитывающая полимерное покрытие смазка выбрана совместимой с рабочей смазкой подшипника так, что, с учетом условий нагрузки и режимов работы при эксплуатации подшипника, на всех поверхностях полимерного слоя 5, 6 образован и удерживается дополнительный смазочный слой 7 (фиг.4).

Условия совместимости двух применяемых в предлагаемом подшипнике смазок, т.е. смазки, пропитывающей полимерный слой, и рабочей смазки

подшипника, тщательно разработаны авторами, проверены многочисленными лабораторными испытаниями, а также работой таких подшипников с постоянным смазочным слоем в производственных условиях.

Под совместимостью смазок понимается возможность их взаимосмешивания с образованием однородной по консистенции смазочной смеси. Отсутствие совместимости характеризуется образованием либо слишком густой смазки, т.е. она затвердевает, либо слишком мягкой (жидкой), вследствие чего она вытекает из подшипника. Одним из показателей совместимости, обеспечивающей нормальное смешивание смазок, может быть коэффициент трения качения f , измеряемый при испытаниях смеси или подшипника с постоянным смазочным слоем, вращающимся под нагрузкой с рабочей смазкой в течении не менее 2-х часов. Он должен находиться в пределах $0 < f < 0,05$ (1), что обеспечивает отсутствие затвердевания смазочной смеси. Другим показателем совместимости смазок может быть значение величины пенетрации этих смазок P , которая характеризует вязкость смеси. Эта величина должна находиться в пределах $P_{max} > P > P_{min}$ (2), где P_{max} - величина максимальной пенетрации одной из смешиваемых смазок, P_{min} - величина минимальной пенетрации одной из смешиваемых смазок. Такое значение величины пенетрации смеси обеспечивает отсутствие возникновения разжижения ее в процессе работы подшипника. Кроме того, выбор смазки, пропитывающей полимерный слой 5, 6, по условиям нагружения подшипника осуществляют по значениям эталонной кинематической вязкости смазок. Она будет различной для тяжелонагруженных подшипников, высокоскоростных, высокотемпературных и т.п. Для обеспечения нормальной смазываемости необходимо соблюсти следующее условие соотношения кинематических вязкостей: $\frac{\gamma_{см}}{\gamma_1} > 1$ (3), где γ_1 - эталонная кинематическая вязкость для обеспечения нормальной смазываемости подшипника. Ее значения можно получить, например, из номограммы на фиг.5 в зависимости от размеров подшипника и числа его оборотов при эксплуатации; $\gamma_{см}$ - кинематическая вязкость постоянного смазочного слоя. Значение величины $\gamma_{см}$ определяется по формуле $\gamma_{см} = \gamma_n \cdot (1 - K_3) + \gamma_{см} \cdot K_3$ (4), где: γ_n - кинематическая вязкость полимерного слоя 5, 6; $\gamma_{см}$ - кинематическая вязкость смазки, пропитывающей полимерный слой 5, 6; $K_3 = \frac{V_{см}}{V_n}$ - коэффициент заполнения смазкой полимерного слоя 5, 6;

$V_{см}$ - объем смазки, внедренной в полимерный слой 5, 6; V_n - объем осажденного полимерного слоя 5, 6.

В таблице 1 приведены примеры совместимости взаимосмешиваемых смазок.

В таблице 2 приведены характеристики и примеры применения смазок для подшипников, работающих в различных условиях по нагруженности и режимам эксплуатации.

Предлагаемая методика выбора смазок по критериям совместимости позволяет выбрать необходимые смазки, взаимодействие которых обеспечивает образование и удерживание на поверхностях полимерного покрытия дополнительного смазочного слоя и гарантирует высокоэффективную работу подшипника в различных условиях нагруженности и режимах эксплуатации.

Толщина осаждаемого полимерного слоя 5, 6 задается определенной величины для колец подшипника качения и зависит от условий нагружения, допустимой шероховатости поверхности, а также технологичности процесса электроосаждения, позволяющего контролировать ее в определенных пределах. Обычно для предлагаемого подшипника она составляет 0,3-3,0 мкм. При толщине менее 0,3 мкм процесс нанесения становится нестабильным, а при толщине более 3,0 мкм понижается прочность полимерного слоя 5, 6 и оно может быть разрушено при значительных нагрузках на подшипник. Кроме того, при таких толщинах покрытия увеличивается степень шероховатости поверхности, приводящая к повышению шумности и вибраций. Повышенная шероховатость на поверхностях дорожек качения не устраняется до конца в процессе операции прикатки, которой подвергаются в дальнейшем кольца подшипника, что может привести к их выбраковыванию по виброакустическим требованиям. Толщина полимерного покрытия металлического сепаратора 4, работающего в условиях трения скольжения, может быть значительно больше.

Основываясь на производственном опыте, устанавливают толщину полимерного слоя металлического сепаратора от 6 мкм до 50 мкм для сепараторов крупногабаритных подшипников.

Такой электроосажденный полимерный слой 5, 6, пропитанный совместимой с рабочей смазкой, способен удерживать на своей поверхности дополнительный смазочный слой 7 в виде пленки толщиной 0,5-5,0 мкм.

Способ изготовления предлагаемого подшипника заключается в том, что детали подшипника помещают в водный раствор, содержащий эмульсию стирольно-акрилатных сополимеров в количестве 1,8-8,0 вес.% без добавок

декагидробората натрия. Электроосаждение проводят при напряжении постоянного тока 3-30 в течение 3-300 сек. Затем изделие промывают водой и термообработывают при температуре 130-300°C в течение 1-10 мин. Полученное полимерное покрытие насыщают смазкой, совместимой с рабочей смазкой подшипника и выбранной из условий его нагружения, подвергают детали вторичной термообработке для внедрения смазки в покрытие, при температуре 80-150°C в течение 10-60 мин. Для ликвидации шероховатости поверхности на дорожках качения колец подшипника, образовавшейся в результате нанесения полимерного покрытия и последующей его термообработки, осуществляют операцию прикатки этих поверхностей под нагрузкой. Эта операция может быть осуществлена как отдельно на кольцах в специальной технологической установке, так и путем обкатки подшипника в сборе в течение 5-120 мин. При отсутствии требований к виброакустическим характеристикам подшипника операция прикатки может являться не обязательной.

Предлагаемый подшипник качения с постоянным смазочным слоем характеризуется наличием дополнительного смазочного слоя 7 в виде тонкой пленки, удерживаемой на поверхностях полимерного слоя 5, 6, нанесенного на дорожки качения колец подшипника 1, 2 и окна его металлического сепаратора 4. Этот дополнительный смазочный слой 7 образован благодаря совместимости смазки, пропитывающей полимерный слой 5, 6, с рабочей смазкой подшипника. Совместимость смазок обеспечивается выполнением условий (1) и (2) на основании данных таблицы 1. Выбор пропитывающей смазки по условиям нагружения подшипника осуществляется с соблюдением условий (3) на основании данных по номограмме фиг.5 Кроме того, должна быть учтена совместимость взаимосмешиваемых смазок на основе сравнения их базовых загустителей на основании данных таблицы 1. Кинематическая вязкость постоянного смазочного слоя для анализа работы и расчетов подшипника может определяться по уравнению (4). При этом кинематическая вязкость осажденного по указанной технологии полимерного покрытия находится в пределах 4700-4800 мм²/сек.

Примеры изготовления и результаты испытаний предлагаемого подшипника

1. Был изготовлен шпиндельный подшипник качения 2-36202К с постоянным смазочным слоем на дорожках качения наружного и внутреннего колец 1, 2, а сепаратор 4 был изготовлен из текстолита. В качестве осаждаемого материала использовалась эмульсия стирольно-акрилатных сополимеров типа № 4696,

которая наносилась методом анодного электроосаждения на кольцевые дорожки качения колец 1, 2 подшипника с последующей промывкой и термообработкой с соблюдением всех режимов, рекомендуемых в материалах данной заявки. Толщина полимерного слоя составляла 1,2 мкм. Полимерное покрытие на кольцах было пропитано смазкой, выбранной по указанной в заявке технологии. Была применена смазка российского производства типа ЛКС-2, рекомендуемая для малошумных, высокоскоростных подшипников, каким является шпиндельный подшипник. Смазка выбрана совместимой с рабочим маслом подшипника И-20 (индустриальное). Испытания этого подшипника были выполнены путем установки его на электрошпинделе машины ЭШВ-28/2,8, который имел угловую скорость 24000 мин⁻¹. Показателем долговечности являлся уровень вибрации. Операция прикатки полимерного покрытия проводилась непосредственно в узле установки в течении 15 мин. Во время работы подшипника с постоянным смазочным слоем измерялся уровень вибраций, который сравнивался с уровнем вибраций подшипника без постоянного смазочного слоя. Результаты испытаний представлены на фиг.6. Из этой диаграммы видно, что исследуемый подшипник имеет лучшие характеристики по сравнению с серийным подшипником. При этом улучшение характеристик уровня вибраций возрастало по времени и долговечность подшипника с постоянным смазочным слоем оказалась более чем в 3 раза выше долговечности серийного подшипника.

2. Для шпинделя HSA-187 корейской машиностроительной компании (фирма KMC RSD Center) были изготовлены подшипники 2-436107K с постоянным дополнительным смазочным слоем и без него. Полимерным покрытием покрывались только дорожки качения колец 1, 2 подшипника, которое пропитывалось смазкой. Сепараторы, 4 были изготовлены из текстолита. Технология получения смазочного слоя на кольцах выполнялась в соответствии с режимами нанесения полимерного покрытия, внедрения смазки и их соответствующих термообработок, указанных в предлагаемом изобретении. Толщина полимерного слоя 5, 6 составляла 0,5 мкм. В качестве внедряемой смазки выбрана смазка Арканол-Л-138 (Arcanol-L-138), созданная специально для подшипников, к которым предъявляются особо высокие требования по шумности и высоким скоростям вращения. Эта смазка выбрана совместимой с рабочей смазкой подшипника - индустриальным маслом. Прикатка осуществлялась в течении 30 минут на стенде в России. Испытания подшипников проводились в Республике Корея на шпинделях HSA-187 при нагрузке 20 кгс при скорости

вращения 20000 мин⁻¹. Результаты испытаний приведены в таблице № 3. Из этой таблицы видно, что подшипники с постоянным смазочным слоем превосходили по ресурсу подшипники без такого слоя более чем в 4 раза и имели меньший уровень вибраций.

5 3. Корейская фирма KCM RSD Center изготовила для проведения сравнительных испытаний конические подшипники TR285216g. Эти подшипники работали при достаточно высоких нагрузках $P_0=250$ кгс/мм². Кроме того, в процессе испытаний к ним предъявлялись повышенные требования по долговечности, моменту трения, выбегу и вибрациям. Создание постоянного
10 смазочного слоя осуществлялось как на кольцах, так и на металлических сепараторах подшипника по указанной в заявке технологии в России, но прикатка шероховатости не производилась. Толщина покрытия - 1,0 мкм на кольцах и 12 мкм на сепараторах. В качестве пропитывающей смазки по условиям совместимости выбрана смазка Арканол Л-78 (Arcanol L-78) для
15 тяжелонагруженных подшипников, но пригодная и для малолитражных подшипников. Она являлась совместимой с рабочей смазкой подшипника, приготовленной на литиевой основе. Результаты испытаний приведены в таблицах 4 и 5. Из этих таблиц видно, что уже после 200 часов работы характеристики подшипников с постоянным смазочным слоем TR185216g по сравнению с
20 подшипниками без него были значительно лучше. Однако в начальный момент испытаний такие показатели, как выбег и уровень вибраций у подшипников с постоянным смазочным слоем были несколько хуже, что свидетельствует о целесообразности введения для них в технологическом процессе операции прикатки.

25 Промышленная применимость

Настоящее изобретение может быть использовано в области машиностроения для изготовления подшипников качения и подшипников скольжения, работающих в широком диапазоне частот вращения, температур и нагрузок.

Источники информации, принятые во внимание

- 30 1. Патент США № 5356227, 1991, Мкл F 16C33/02, Нкл 384-463.
2. Патент США № 4559249, 1983, Мкл F 16C27/02, Нкл 428-36, 428-240.
3. Патент США № 5222816, 1993, Мкл F 16C33/66, Нкл 384-463 (прототип).
4. Патент США № 4064028, 1977, Мкл C 25 D 13/06.
35 5. Патент Российской Федерации № 2023763, 1992, Мкл 2023763 (прототип).

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ
"ПОДШИПНИК С ПОСТОЯННЫМ СМАЗОЧНЫМ СЛОЕМ И
СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ"

1. Подшипник с постоянным смазочным слоем, состоящий из наружного кольца (1), снабженного обращенной внутрь кольцевой дорожкой качения, и внутреннего кольца (2), снабженного обращенной наружу кольцевой дорожкой качения, между которыми размещены тела качения (3), например, шарики, удерживаемые на определенном расстоянии друг от друга с помощью, например, металлического сепаратора (4), при этом рабочие поверхности указанных деталей подшипника покрыты полимерным слоем (5, 6), пропитанным смазкой, отличающийся тем, что полимерный слой (5, 6) выполнен из анодно электроосажденного материала типа стирольно-акрилатных сополимеров, а пропитывающая его смазка выбрана совместимой с рабочей смазкой подшипника и с учетом условий работы подшипника так, что на поверхностях полимерного слоя (5, 6) образован дополнительный смазочный слой (7) в виде тонкой пленки.

2. Подшипник по п.1, отличающийся тем, что совместимость указанных смазок обеспечена их взаимным подбором на основе сравнения совместимости базовых загустителей этих смазок, при этом коэффициент трения качения полученной смазочной смеси f находится в пределах $0 < f < 0,05$ при испытаниях этой смеси по меньшей мере не менее 2-х часов, а величина ее пенетрации P находится в пределах $P_{max} > P > P_{min}$, где P_{max} и P_{min} - предельные значения величин пенетрации указанных смешиваемых смазок.

3. Подшипник по п. 1-2, отличающийся тем, что смазка, пропитывающая полимерный слой (5, 6), выбрана по условиям нагружения подшипника с учетом кинематической вязкости постоянного смазочного слоя, исходя из условий: $\frac{\gamma_{св}}{\gamma_1} > 1$, где γ_1 - эталонная кинематическая вязкость для обеспечения нормальной смазываемости подшипника с учетом его нагрузки и режимов работы при эксплуатации, $\gamma_{св}$ - кинематическая вязкость постоянного смазочного слоя, определяемая по формуле: $\gamma_{св} = \gamma_n \cdot (1 - K_3) + \gamma_{см} \cdot K_3$, где γ_n - кинематическая вязкость полимерного слоя (5, 6); $\gamma_{см}$ - кинематическая вязкость смазки, пропитывающей полимерный слой (5, 6); $K_3 = \frac{V}{V_n}$ - коэффициент заполнения смазкой полимерного слоя (5, 6); $V_{см}$ - объем внедренной в полимерный слой (5, 6) смазки; V_n - объем осажденного полимерного слоя (5, 6).

4. Подшипник по п. 1-3, отличающийся тем, что толщина полимерного слоя (5, 6) на дорожках качения наружного (1) и внутреннего (2) колец составляет 0,3-3,0 мкм.

5 5. Подшипник по п. 1-3, отличающийся тем, что толщина дополнительного смазочного слоя (7) в виде пленки, удерживаемой на поверхностях полимерного слоя вследствие соблюдения условий совместимости применяемых смазок, составляет 0,5-5,0 мкм.

10 6. Способ изготовления подшипника по п. 1-5, заключающийся в том, что детали подшипника помещают в водный раствор, содержащий эмульсию полимера, и путем анодного электроосаждения наносят на рабочие поверхности полимерный слой, затем детали промывают, термообрабатывают и подвергают сборке, отличающийся тем, что в качестве эмульсии используют эмульсию стирольно-акрилатных сополимеров в количестве 1,8-8,0 вес.%, электроосаждение проводят в течение 3-300 сек., после чего подвергают термообработке в течение 15 1-10 мин., насыщают полученное полимерное покрытие смазкой, совместимой с рабочей смазкой, выбранной из условий работы подшипника согласно п. 1-5, подвергают детали подшипника вторичной термообработке при температуре 80-150°C в течение 10-60 мин., затем осуществляют прикатку рабочих поверхностей деталей подшипника в течении 5-120 мин.

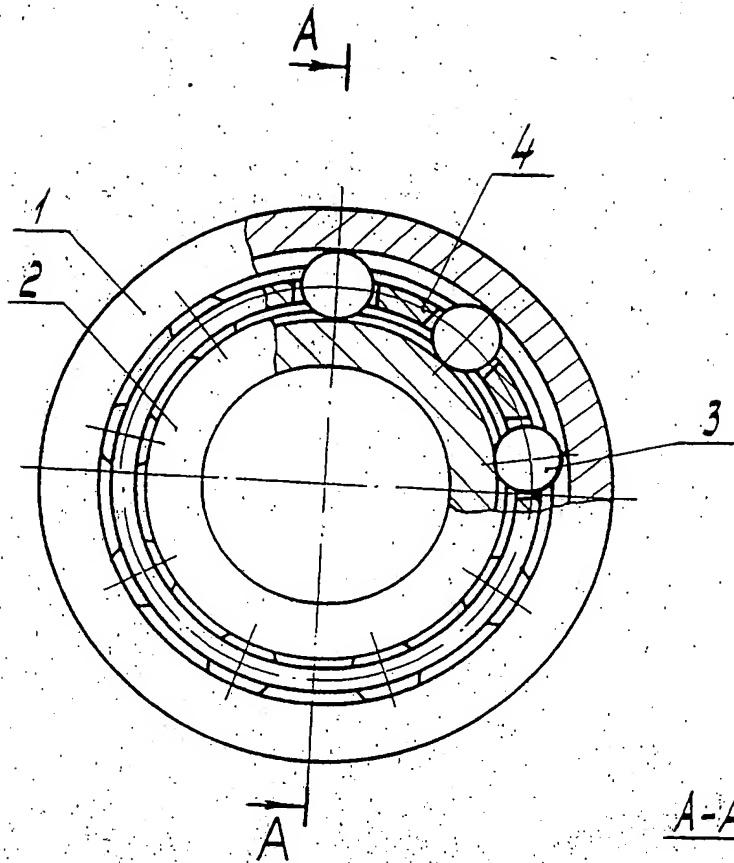


FIG. 1

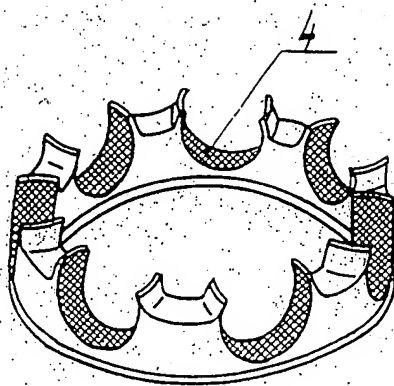


FIG. 3

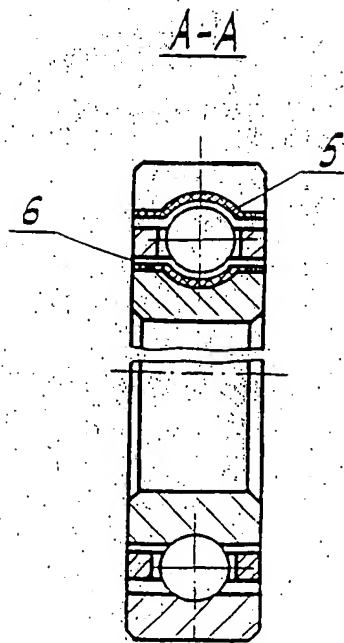


FIG. 2

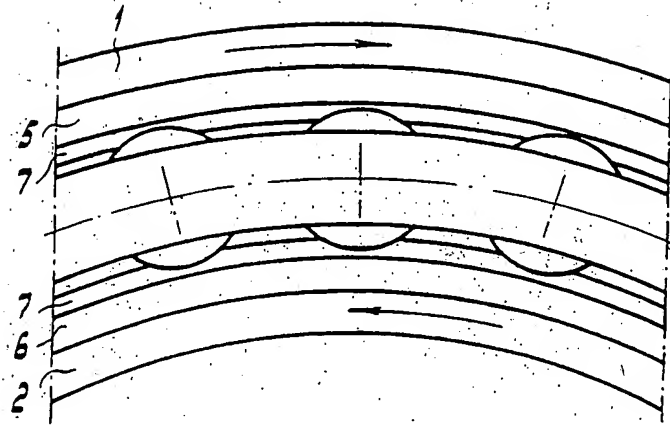
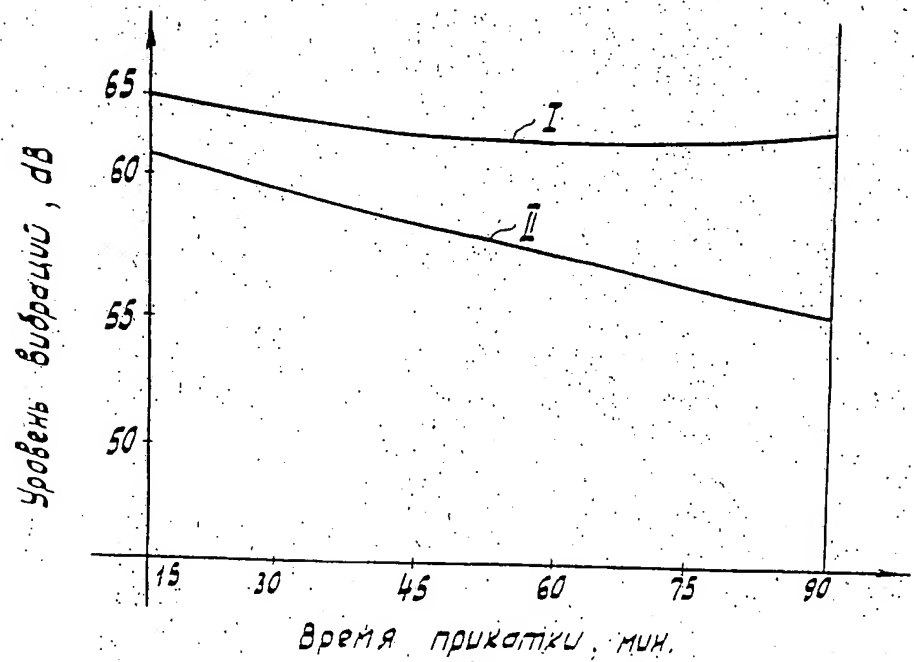


FIG. 4



I - Стандартный подшипник
 II - Предлагаемый подшипник

FIG. 6

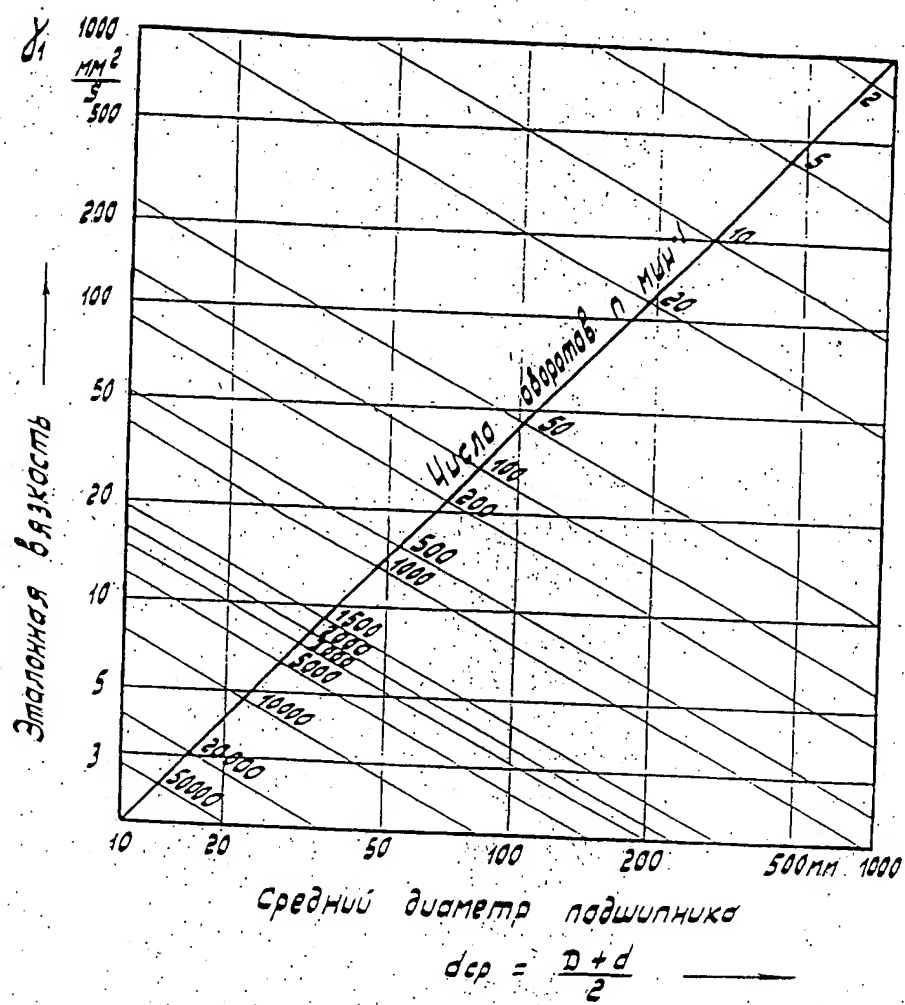


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 96/00307

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 : F16C 33/66, C25D 13/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 : F16C 19/00-19/54, 33/00, 33/58, 33/66, C25D 13/00, 13/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SU, A, 834364 (JU.N. GLODIN et al.), 30 May 1981 (30.05.81)	1-6
A	DE, A1, 4139426 (NTN CORP.), 17 June 1992 (17.06.92)	1-5
A	DE, A1, 4446088 (KOYO SEIKO CO., LTD.), 29 June 1995 (29.06.95)	1-5
A	US, A, 4508396 (HITACHI, LTD.), 2 April 1985 (02.04.85)	6
A	US, A, 4432851 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.), 21 February 1984 (21.02.84)	6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 1997 (08.04.97)

Date of mailing of the international search report

23 April 1997 (23.04.97)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 96/00307

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

F16C 33/66, C25D 13/06

Согласно международной патентной классификации (МПК-6)

В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-6:

F16C 19/00-19/54, 33/00, 33/58, 33/66, C25D 13/00, 13/06

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, поисковые термины):

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	SU, A, 834364 (Ю.Н.ГЛОДИН и др.), 30 мая 1981 (30.05.81)	1-6
A	DE, A1, 4139426 (NTN CORP.), 17 июня 1992 (17.06.92)	1-5
A	DE, A1, 4446088 (KOYO SEIKO CO., LTD.), 29 июня 1995 (29.06.95)	1-5
A	US, A, 4508396 (HITACHI, LTD.), 02 апреля 1985 (02.04.85)	6
A	US, A, 4432851 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.), 21 февраля 1984 (21.02.84)	6

<input type="checkbox"/> Последующие документы указаны в продолжении графы С.	<input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении
* Особые категории ссылочных документов:	"T" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
"A" документ, определяющий общий уровень техники	"X" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень
"E" более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее	"Y" документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории
"O" документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.	"&" документ, являющийся патентом-аналогом
"P" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	
Дата действительного завершения международного поиска	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске
08. апреля 1997 (08.04.97)	23 апреля 1997 (23.04.97)
Наименование и адрес Международного поискового органа:	Уполномоченное лицо:
Всероссийский научно-исследовательский институт институт государственной патентной экспертизы, Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА	Т.Хромова Телефон №: (095)240-5888

Форма PCT/ISA/210 (второй лист) (июль 1992)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.